



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 41 13 354 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H01 S 3/18**  
H 01 S 3/093  
G 02 B 6/12  
G 02 F 1/39  
H 01 S 3/08

②1 Aktenzeichen: P 41 13 354.4  
②2 Anmeldetag: 24. 4. 91  
④3 Offenlegungstag: 29. 10. 92

DE 41 13 354 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 8000 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Stein, Karl-Ulrich, Dr., 8025 Unterhaching, DE

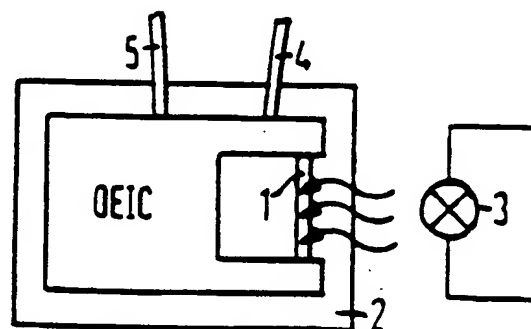
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-AS 19 34 141  
DE-AS 12 95 737  
DE 40 22 090 A1  
DE 25 53 685 A1  
FR 25 75 870 A1  
US 49 93 034  
US 48 15 079  
US 47 47 650  
US 45 83 817  
US 45 46 476  
US 41 36 928  
US 38 05 186

EP 03 45 957 A2  
EP 01 36 871 A2  
HARDY, W.A.: OPTICAL PUMPING SYSTEM. In: IBM  
Technical Disclosure Bulletin, Bd.8, Nr.8, Jan. 1964,  
S.64-65;  
AOIK, H.;  
et.al.: Glass waveguide laser operated around 1.3  
µm. In: Electronics Letters, Vol.26, No.22, 1990,  
S.1910-1912;  
MWARANIA, E.K.;  
et al.: Low-threshold monomode ion-exchanged  
waveguide lasers in neodymium-doped BK-7 glass.  
In: Electronics Letters, Vol.26, No.16/1990,  
S.1317-1318;  
SOREF, Richard A.;  
et.al.: Silicon Guided-Wave Optics. In: Solid State  
Technology, Nov. 1988, S.95-98;  
HICKERNELL, Fred S.: Optical Waveguides on  
Silicon. In: Solid State Technology, Nov. 1988, S.83-88;  
URQUHART, Paul: Review of rare earth doped fibre  
lasers and amplifiers. In: IEE Proceedings, Vol.135,  
Pt.J, No.6, 1988, S.385-407;

⑤4 Optisch gepumpter Wellenleiter

⑤7 Optisch gepumpter Wellenleiter in Planartechnik vorzugs-  
weise auf Silizium mit einer in dem Wellenleiter integrierten  
Resonatoranordnung und einer für eine Anregung von  
Laserstrahlung mittels einer externen Lichtquelle geeigneten  
Dotierung.



DE 41 13 354 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen optisch gepumpten Wellenleiter auf einem Halbleiterbauelement, insbesondere aus Silizium.

Für eine Reihe von Anwendungen aus der optischen Nachrichtentechnik, der optischen Signalleitungen zwischen Chips (z. B. in Rechnerarchitekturen) und im Bereich des Optical Computing werden optische integrierte Schaltungen auf Silizium mit in Wellenleiter integrierten optischen Verstärkern bzw. in Wellenleiter integrierten optischen Emittern benötigt. Derartige optische Verstärker bzw. Emmitter lassen sich derzeit nur in Verbindungshalbleitern aufbauen. Die aufgelisteten Anwendungen von optisch integrierten Schaltungen können daher nicht in monolithischer, sondern nur in einer hybriden Kombination zwischen Silizium und Verbindungshalbleitern hergestellt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Wellenleiter in Planartechnik anzugeben, der als optischer Verstärker betrieben werden kann und in ein Bauelement aus Silizium monolithisch integriert werden kann.

Diese Aufgabe wird mit dem Wellenleiter mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß wird der Wellenleiter z. B. auf einem Substrat in Planartechnik angeordnet und mit einem für die Anregung von Strahlung entsprechend einer Funktion als Laser geeigneten Dotierstoff, wie z. B. Erbium<sup>3+</sup> oder Neodym, dotiert. Vorzugsweise besteht der Wellenleiter aus Silizium dabei aus Glas in einer SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Zusammensetzung. Wenn dieser erfindungsgemäße Wellenleiter mit Licht einer passenden Wellenlänge gepumpt wird, so wird in ihm wie bei einem Faserlaser Laserstrahlung angeregt.

Es folgt eine Beschreibung des erfindungsgemäßen Wellenleiters anhand der Fig. 1 bis 4.

Fig. 1 zeigt eine schematische Aufsicht auf ein mit einem erfindungsgemäßen Wellenleiter versehenes optoelektronisches integriertes Bauelement.

Fig. 2 und 3 zeigen erfindungsgemäße Wellenleiter mit einem für die Ankopplung von Strahlung vorgesehenen weiteren Wellenleiter.

Fig. 4 und 5 zeigen vorteilhafte Anordnungen des erfindungsgemäßen Wellenleiters mit einem Wellenleiter zum Einkoppeln von Strahlung.

In Fig. 1 ist ein optoelektronisches integriertes Bauelement (OEIC) auf einem Substrat 2 dargestellt. Der darauf aufgebaute Wellenleiter 1 kann durch eine externe Lichtquelle 3 gepumpt werden. Diese externe Lichtquelle 3 kann z. B. ein Halbleiterlaser sein. Alternativ kann das Licht über eine Faser 4 zugeführt werden. Eine weitere Faser 5 dient dem optischen Anschluß des Wellenleiters. Aus der Faser 4, die das Licht zum Anregen von Laserstrahlung in dem Wellenleiter (optisches Pumpen) zuführt, wird dieses Licht durch einen Koppler 8 (s. Fig. 2) in einen für die Anregung von Laserstrahlung vorgesehenen Bereich 7 des Wellenleiters eingekoppelt. In Fig. 2 sind der Wellenleiter 1 mit dem dotierten Bereich 7 und dem Koppler 8 zum Einkoppeln der Laserstrahlung anregenden Strahlung dargestellt. In Fig. 3 sind zusätzlich Reflektoren 6, die in diesem dotierten Bereich 7 für Resonanzbedingung sorgen, eingezeichnet.

Dieser erfindungsgemäße Wellenleiter kann als Verstärker in einem passiven Wellenleiter verwendet werden. In einer geeigneten Resonatoranordnung (Fabry-

Perot, DFB oder DBR) wirkt er als Laseroszillator. Dieser Laseroszillator kann über die Pumpleistung in seiner Amplitude moduliert werden. Auf dem Bauelement kann ein Modulator für diesen Laser vorgesehen sein.

Der erfindungsgemäße Wellenleiter kann für die Verwendung als optischer Verstärker eine Länge von etwa einem Meter haben und wird daher gegebenenfalls wie in Fig. 4 gezeigt als Spirale oder Doppelspirale angeordnet oder wie in Fig. 5 mäanderförmig geführt. In den Fig. 4 und 5 sind jeweils ein weiterer Wellenleiter 8, der für die Einstrahlung des Lichtes passender Wellenlänge zum Anregen der Laserstrahlung vorgesehen ist (Pumpwellenleiter), und ein Gitter 9 als Resonatoranordnung eingezeichnet. Der weitere Wellenleiter 8 kann wie durch die gestrichelte Linie in den Fig. 4 und 5 dargestellt in der Ebene des Wellenleiters 1 verlaufen oder durch einen über dem Wellenleiter 1 oder unter dem Wellenleiter 1 angeordneten Schichtwellenleiter gebildet werden. Die Einkopplung des Lichtes kann mittels Leckwellenkopplung erfolgen.

Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, daß sie in einer Schaltung mit integrierter Optik auf Silizium (Si-OEIC) mit weiteren optischen Funktionselementen wie Filtern, Kopplern, Leitungen vielfach kombiniert werden kann. Zusätzlich ist sie auf Silizium kombinierbar mit optoelektronischen Funktionselementen wie Detektoren und Modulatoren. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Wellenleiters besteht darin, daß eine einfache, thermisch getrennte Lichtquelle zum Pumpen des Lasers, z. B. in Form eines Halbleiterlasers, gegebenenfalls auch für mehrere Verstärker gemeinsam auf einem Chip oder mehreren Chips verwendet werden kann. Diese Lichtquelle kann über eine Faser an den Chip angeschlossen werden. Dieser Vorteil erlaubt eine besondere Freiheit in der Gestaltung der verschiedenen auf einem Chip integrierten Funktionselemente.

#### Patentansprüche

1. Wellenleiter (1) in Planartechnik mit einer derartigen Dotierung, daß in dem Wellenleiter eine Laser-Funktion eintritt, wenn Licht einer angepaßten Wellenlänge eingekoppelt wird (optisches Pumpen).
2. Wellenleiter nach Anspruch 1 auf einem Substrat aus Silizium.
3. Wellenleiter nach Anspruch 1 oder 2 aus Silizium.
4. Wellenleiter nach Anspruch 1 oder 2 aus SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.
5. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einer Resonatoranordnung.
6. Wellenleiter nach Anspruch 5, bei dem die Resonatoranordnung ein Fabry-Perot-Resonator ist.
7. Wellenleiter nach Anspruch 5, bei dem die Resonatoranordnung ein DFB-Resonator ist.
8. Wellenleiter nach Anspruch 5, bei dem die Resonatoranordnung ein DBR-Resonator ist.
9. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, der spiralförmig angeordnet ist.
10. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, der mäanderförmig angeordnet ist.
11. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem das Licht zum Anregen von Strahlung über eine Faser zugeführt wird.
12. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 2 bis 11 in Verbindung mit Anspruch 2, bei dem das Licht zum Anregen von Strahlung über einen ebenfalls in

Planartechnik ausgeführten Koppler (8) aus einem weiteren Wellenleiter zugeführt wird.

13. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das Licht zum Anregen von Strahlung aus einem an den Wellenleiter angekoppelten und in derselben Ebene wie dieser angeordneten weiteren Wellenleiter (8) ausgekoppelt wird. 5

14. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das Licht zum Anregen von Laserstrahlung aus einem über oder unter dem Wellenleiter angeordneten und an diesen angekoppelten Schichtwellenleiter ausgekoppelt wird. 10

15. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Bestandteil einer optoelektronischen integrierten Schaltung (OEIC). 15

16. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 15 mit Erbium als Dotierstoff.

17. Wellenleiter nach einem der Ansprüche 1 bis 15 mit Neodym als Dotierstoff.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

FIG 1

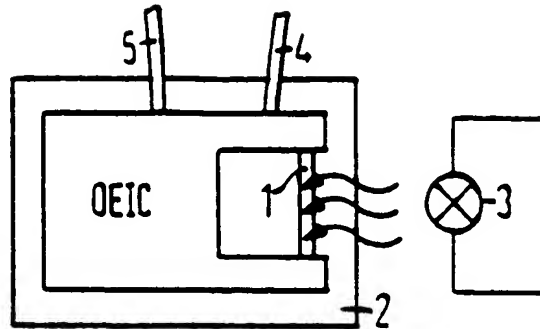


FIG 2

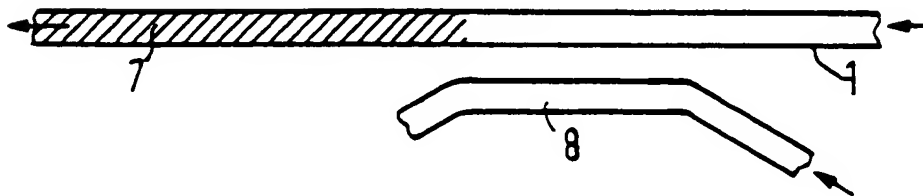


FIG 3

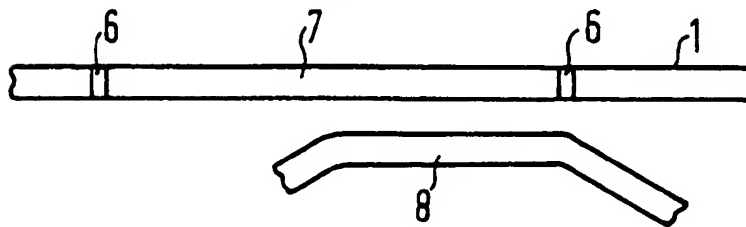


FIG 4

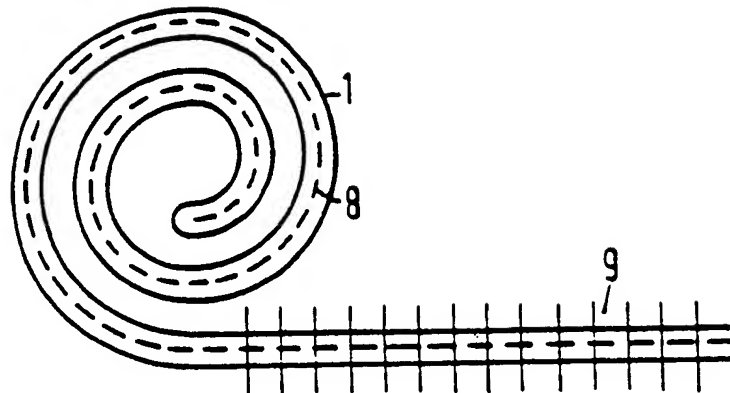


FIG 5

